

4. **Моркун Н.В.** Розподілене оптимальне керування взаємопов'язаними процесами збагачувального виробництва на основі динамічної просторово-часової моделі: дис. ... доктора техн.наук: спец. 05.13.07 «Автоматизація процесів керування» / **Моркун Наталія Володимирівна**. – Кривий Ріг, 2017. – 357 с.
5. Измельчение. Энергетика и технология / [Пивняк Г.Г., Вайсберг Л.А., Кириченко В.И. и др.]. – М.: Изд. дом «Руда и Металлы», 2007. – 296 с.
6. **Линч А. Дж.** Циклы дробления и измельчения / **Линч А. Дж.**: [пер. с англ.]. – М.: Недра, 1981. – 342с.
7. Разработка и применение автоматизированных систем управления процессами обогащения полезных ископаемых / [Морозов В.В., Топчаев В.П., Улитенко К.Я. и др.]. – М.: Изд. дом «Руда и Металлы», 2013. – 512 с.
8. **Азарян А.А.** Автоматизация первой стадии измельчения, классификации и магнитной сепарации – реальный путь повышения эффективности обогащения железных руд / **А.А. Азарян, Ю.Ю. Кривенко, В.Г. Кучер** // Вісник Криворізького національного університету: зб. наук. праць. – 2014. – Вип.36. – С.276-280.
9. **Купін А.І.** Інтелектуальна ідентифікація та керування в умовах процесів збагачувальної технології / **Купін А.І.** – Кривий Ріг: Видавництво КТУ, 2008. – 204с.
10. Ультразвуковой контроль характеристик измельченных материалов в АСУ ТП обогатительного производства / [Моркун В.С., Потапов В.Н., Моркун Н.В., Подгородецкий Н.С.]. – Кривой Рог: Изд. центр КТУ, 2007. – 283 с.
11. **Андреев С.Е.** Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых / **С.Е. Андреев, В.В. Зверевич, В.А. Перов**. – М.: Недра, 1966. – 396 с.
12. **Баатархуд Ж.** Об одном из путей интенсификации процесса измельчения в шаровых мельницах МШЦ-5500х6500 на комбинате «ЭРДЭНЭТ» / **Ж. Баатархуд, Г. Даваацэрэн, Л.Ф. Биленко** // Обогащение руд. – 2000. – №3. – С. 3-5.
13. **Гольшев Л.В.** Метод формирования шаровой загрузки барабанной мельницы / **Л.В. Гольшев, Т.Ю. Кравец** // Энергетик. – 2014. – №11. – С. 54-55.
14. **Qingfei X.** Optimization study to the ratio of primeval ball loading in $\phi 4.0 \times 6.0$ m overflow ball mill of Yingshuang Gold Mine / **Qingfei X., Huaibin K., Bo L., Chunmei L.** // AASRJ Procedia. – 2014. – №7. – pp. 14-19.
15. **Яценко А.А.** О повышении эффективности работы шаровых мельниц на основе использования комбинированной мелющей загрузки / **Яценко А.А.** // Обогащение руд. – 2011. – №3. – С.3-5.
16. **Крюков Д.К.** Футеровки шаровых мельниц / **Крюков Д.К.** – М.: Машиностроение, 1965. – 183 с.
17. **Мацуї А.М.** Моделювання середньозваженої крупності твердого в завантаженні кульового млина рудою і пісками класифікатора / **А.М. Мацуї, В.О. Кондратець** // Математичне моделювання. – 2017. – №1 (36). – С. 59-66.

Рукопис подано до редакції 04.04.2018

УДК 622.831

О.В. СОЛОДЯНКІН, д-р техн. наук, проф., І.В. ДУДКА, канд. техн. наук,
О.Є. ГРИГОР'ЄВ, канд. техн. наук, доц., О.А. СОЛОДЯНКІНА, наук. співробітник,
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

ВДОСКОНАЛЕНА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ВИМІРЮВАНЬ У ВИРОБКАХ З МЕТАЛЕВИМ АРОЧНИМ КРІПЛЕННЯМ

Мета. Метою роботи є вдосконалення традиційної методики проведення натурних вимірювань в шахтних умовах, що дозволяє зменшити трудомісткість операцій, підвищує безпеку виконання робіт та точність визначення поточних геометричних параметрів металевих арочних кріплень.

Методи. Розглянуті методики шахтних досліджень, що використовують для комплексної оцінки стану гірничої виробки, приконтурного масиву порід, деформацій металевих рамних кріплень та напрямки їх вдосконалення. Для визначення переваг методик та приладів, що застосовують при проведенні шахтних досліджень, використані методи узагальнення, аналізу та оцінки їх організаційних та технологічних показників.

Наукова новизна. Запропонована спрощена методика визначення площі поперечного перерізу виробки для дослідження закономірностей зміни її величини у часі або за довжиною виробки під впливом зовнішніх навантажень.

Практична значимість. Запропонований комплекс обладнання, новий пристрій та технологія проведення вимірів у виробці дозволяють підвищити безпеку виконання робіт, збільшують точність вимірювань, істотно зменшують їх трудомісткість, дають можливість виконання вимірів однією людиною. Аналіз отриманих результатів дозволяє об'єктивно оцінити поточний стан металевих кріплень виробки, оперативно визначити причини та ступінь її деформації, обґрунтувати раціональні способи підвищення стійкості виробок, закріплених металевим або рамно-анкерним кріпленням.

Результати. Розроблений пристрій для виміру геометричних параметрів внутрішнього контуру виробки та удосконалена методика проведення інструментальних вимірювань для виробок з металевим арочним кріпленням. Запропонована спрощена методика визначення поточного поперечного перерізу виробки з металевим арочним кріпленням. Виконана оцінка методів проведення шахтних інструментальних досліджень за різними параметрами. Визначені їх недоліки і переваги. Наведені результати шахтних випробувань запропонованого пристрою та методики проведення натурних досліджень. За результатами комплексу виконаних робіт отриманий патент на корисну модель,

що є підтвердженням технічної новизни запропонованого рішення.

Ключові слова: шахтні дослідження, металеве кріплення, рамно-анкерне кріплення, далекомір, лазерний рівень

doi: 10.31721/2306-5451-2018-1-47-14-20

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Вихідними даними при вивченні деформаційних процесів в масиві гірських порід і при розробці засобів і способів підвищення стійкості виробок завжди були результати натурних вимірювань. При цьому, отримання даних про стан масиву порід або деформацій кріплення є складним, трудомістким процесом, а самі результати не завжди достовірні, що викликано специфікою проведення вимірювань в діючій виробці при наявності в ній експлуатаційного обладнання. Тому вдосконалення методики проведення шахтних досліджень в підземних виробках завжди було пов'язане, по-перше, зі зменшенням трудомісткості виконання вимірювань і, по-друге, з підвищенням точності отриманих результатів.

Аналіз досліджень і публікацій. Найпростішим способом оцінки стану виробки, визначення наявності зміщень на контурі виробки, виявлення характерних типів деформацій порід та елементів кріплення є візуальний, головним недоліком якого вважається неможливість отримання кількісних характеристик проявів гірського тиску. Втім саме він використовується під час визначення необхідності застосування інших, більш досконаліших способів натурних досліджень та місць встановлення замірних станцій. На таких станціях, які поділяються на замірні пункти, зазвичай виконується вимірювання ширини виробки, її висоти, величина нахлесту елементів у замках податливості тощо. Результати комплексу вимірювань, що виконуються з певною частотою, дають можливість визначити напрям дії сил тиску з боку гірського масиву і в першому наближенні динаміку зміщень контуру.

Кінцевим результатом таких інструментальних досліджень є встановлення закономірностей зміщень внутрішнього контуру виробки у часі (або по довжині виробки), а саме – зміщення характерних точок, обраних на металевому кріпленні: на середині верхняка, стійках, підшві виробки. Причому, в процесі спостережень, більш інформативними показниками є зміна не поточних висоти H та ширини B виробки, а їх складових, тобто h_1 , що характеризує деформацію (вигин) верхняка, або податливість металевого кріплення; h_2 , що описує таке негативне явище, як здимання порід підшви; b_1 , b_2 , що характеризують зміщення бокових елементів. Схема вимірів у виробці, закріпленій металевим арочним кріпленням з визначеними параметрами наведена на рис. 1. Відповідно до цієї схеми, визначення складових h_1 і h_2 потребує введення так званого «горизонту вимірювання». Таким горизонтом зазвичай слугує шнур який горизонтально натягують між умовно нерухомими точками боків виробки. Так само, але з використанням виска, виконуються вимірювання горизонтальних розмірів виробки: b_1 , b_2 .

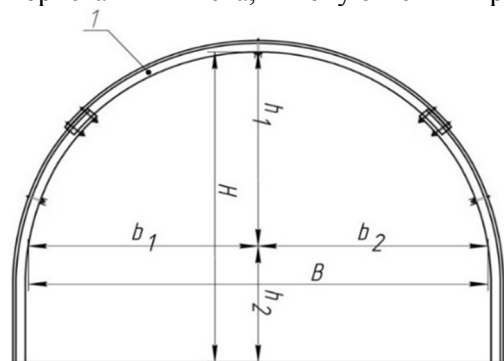


Рис. 1. Схема проведення замірів та геометричні параметри, що вимірюють

Традиційна методика проведення досліджень деформаційних процесів в породному масиві навколо виробки, яка закріплена рамним металевим кріпленням, передбачає періодичні вимірювання зміщень внутрішнього контуру кріплення і підшви виробки. Вимірювання параметрів зазвичай виконуються за допомогою простих інструментів і приладів (рулетка ВНДМІ, висок, стійки СУ-2 тощо) [1]. Цією методикою з деякими змінами, які викликані

особливостями умов виконання і потрібною точністю робіт, здійснюється більшість вимірювань. Так, наприклад, в роботах [2-6], які виконувались останніми роками, наведені результати вимірювань на вугільних шахтах саме за цією методикою. Її безумовною перевагою є простота і відносно низька трудомісткість досліджень. До недоліків цієї методики слід віднести необхідність фіксації вимірювальних приладів та інструментів (шнура) одночасно на протилежних боках виробки (кріплення), що ускладнює процес отримання результатів, а у виробках зі стрічковим конвеєром унеможливує заміри під час його роботи. Додатковим обмеженням є необхідність виконання робіт принаймні двома дослідниками. Втім для вивчення геомеханічних процесів

навколо виробки, ця методика за точністю і якістю результатів в цілому задовольняє більшості вимог дослідників.

Більш зручним при проведенні замірів є пристрій для дослідження деформацій кріплення гірничих виробок, описаний в [7]. Порядок виконання замірів полягає в нанесенні фарбою міток на стійках і верхняках кріплення, після чого вимірювання виконуються за допомогою лазерного далекоміра. До однієї з міток на стійці прикладають далекомір з подальшим наведенням лазерного променя на протилежну мітку з вимірюванням відстані до неї. Забір висоти виробки здійснюється від шнура, натягнутого між мітками на протилежних стійках, до мітки на верхняку, і від шнура до підшви. Недоліком даної методики, як і описаної вище, є те, що при проведенні вимірювань в вертикальній площині, необхідно облаштування горизонтального рівня за допомогою шнура, який потребує фіксації одночасно на протилежних сторонах виробки (кріплення). Наявність у виробці обладнання, наприклад, стрічкового конвеєра, ускладнює проведення цієї операції.

Слід зазначити, що використання лазерного рівня та далекоміра для шахтних досліджень пропонується і в наступних пристроях. Але ці рішення мають дещо іншу область використання і можливості.

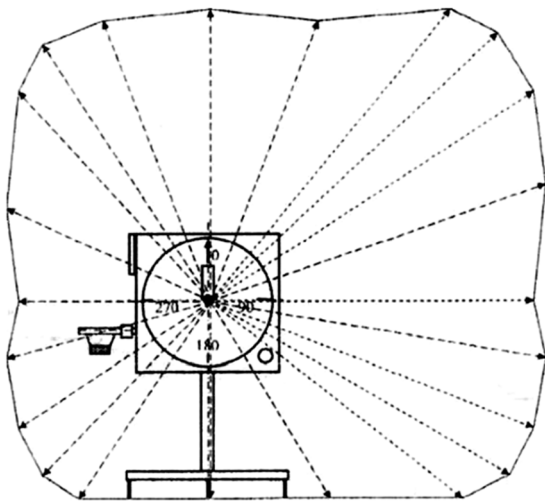


Рис. 2. Пристрій для зйомки перерізів камерних виробок

Так, пристрій [8] (далі А-1) (рис. 2) використовують для визначення площі горизонтального або вертикального перерізу камерних виробок, що мають незакріплене породне оголення (без металевих рамних чи будь-якого іншого кріплення). Можливим також (на наш погляд) є його використання для визначення площі перерізу виробок, закріплених суцільним (наприклад, бетонним, набризбетонним) кріпленням, що в описі до приладу не зазначено.

І, що принципово важливо, про що свідчить схема замірів на рис. 2, виробка має бути без обладнання (конвеєр, перевантажувач тощо), яке є перешкодою для зйомки перерізів. За наявності такого обладнання пристрій А-1, навіть для заміру ширини виробки, повинен бути укомплектований стійками різної висоти або мати телескопічну стійку, що в його конструкції не передбачено.

Крім того, пристрій А-1 використовує підшву виробки як опорну поверхню для основи стійки. У виробці, що експлуатується та знаходиться під впливом інтенсивного гірничого тиску, зробити це досить важко, а величина похибки від неточного встановлення приладу може перевищувати зміщення контуру виробки, що вимірюється. Повторне встановлення цього пристрою через якийсь проміжок часу на ту ж замірну точку неможливий. До того ж, визначити, які саме зміщення (покрівлі чи підшви) призвели до зменшення висоти виробки, дуже складно.

Використання приладу А-1 також є неможливим внаслідок дефектів та деформацій металевих рамних кріплення при його зведенні або експлуатації у складних умовах навантаження, коли елементи кріплення (верхняк, протилежні стійки) розташовані не в одній площині.

Отже, розглянутий прилад має складну конструкцію та правила користування і не дозволяє проведення достовірних спостережень у виробках, закріплених металевим аروحним кріпленням з визначенням змін геометричних параметрів у часі, або за довжиною виробки.

Також відомий з'єднувач для лазерного рівня [9] (далі – А-2) (рис. 3). Проведення вимірів з використанням пристрою А-2 не передбачає комплексного використання лазерного далекоміра, рулетки та інших інструментів, необхідних для визначення зміщень елементів металевих кріплення та підшви виробки. Крім того, з'єднувач А-2 надто простий, може закріплюватися тільки на плоских елементах конструкцій, а його функціональність обмежена встановленням саме горизонтального рівня. За конструктивними характеристиками він не може бути надійно закріплений на спеціальному взаємозамінному профілі СВІП металевих рамних кріплення.

Крім того, при використанні суцільної затяжки (наприклад, залізобетонної) це не можливо зробити взагалі, оскільки остання достатньо щільно прилягає до металевого профілю, закриваючи елементи, на яких можна закріпити струбцину з'єднувача.

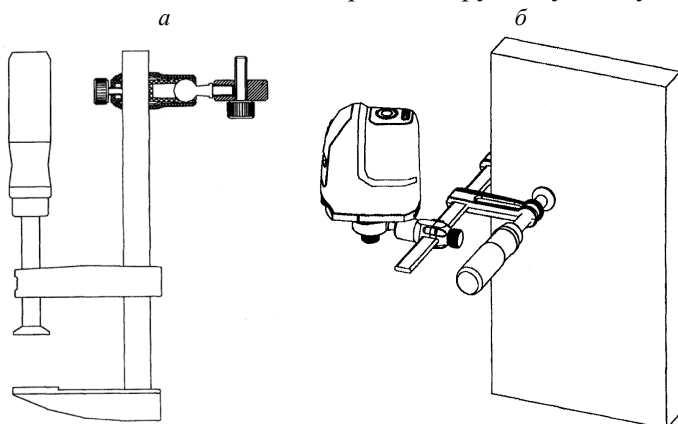


Рис. 3. З'єднувач для лазерного рівня (а) та спосіб його застосування (б)

Суттєво більше довершеною є методика, яка передбачає використання маркшейдерських оптичних засобів вимірювань і дозволяє отримувати надточні результати натурних досліджень [10] не лише завдяки обладнанню, що використовується, але й передбаченому процедурою перенесенню у підземні виробки координат нерухомих пунктів з поверхні. Недоліком її є потрібність додаткового

точного обладнання, суттєвий час на прокладання шляху нівелювання, складність цього процесу і, знову ж таки, необхідність виконання робіт принаймні двома виконавцями.

Постановка задачі. Метою досліджень, результати яких наведені у статті, є вдосконалення методики проведення натурних вимірювань, що дозволить зменшити трудомісткість операцій та підвищить точність визначення геометричних параметрів металевого арочного кріплення.

Викладення матеріалу та результати. Удосконалення методики проведення натурних досліджень виконано за рахунок введення нових елементів, пристроїв і приладів, а також такого їх розташування, завдяки чому можливий швидкий, зручний та менш трудомісткий вимір геометричних параметрів кріплення з високою точністю.

Пристрій складається з блоку кріплення, шарнірно з'єднаним з ним майданчиком, на якому розташовані на одному рівні лазерний далекомір і лазерний рівень, з можливістю вимірювання висоти виробки від горизонтально спроектованого променя як «горизонту вимірювання».

Схема вимірювального пункту у виробці зі встановленим пристроєм та інструментами показана на рис. 4. Параметри поперечного перерізу металевого кріплення виробки, які вимірюються за допомогою запропонованого пристрою, наведені на рис. 1. Конструкція вимірювального пристрою і схема його закріплення на стійці металевого кріплення показана на рис. 5 і 6.

Кріплення пристрою (див. рис. 4-6) з можливістю розсування 7, фіксується на заданому рівні на металевій стійці шахтного кріплення 8 за допомогою затискного гвинта 9. Майданчик 11, який з'єднаний з кріпленням 7 шарніром 10 присувається до стійки 8 і вирівнюється за рівнем. Лазерним далекоміром 12, який розташований на майданчику 11, вимірюється ширина виробки B , як відстань до протилежної стійки. За допомогою телескопічного подовжувача 2 і магніту 3, до верхняка кріплення підвішується вимірювальна стрічкова рулетка 4, за допомогою якої вимірюється висота виробки H . Висоту від горизонту виміру до верхняка h_1 знаходимо за допомогою лазерного рівня 13, розташованого на майданчику 11, горизонталь якого відсвічується на стрічці рулетки 4. Напіввисота від горизонту виміру до підшови обчислюється: $h_2 = H - h_1$. Далі стрічкова рулетка 4 використовується в якості виска завдяки закріпленню на вільному нижньому кінці магнітів-вантажів 5. Вимірюється одна напівширина виробки b_1 – від приладу до виска (рулетки) 4, а друга обчислюється: $b_2 = B - b_1$.

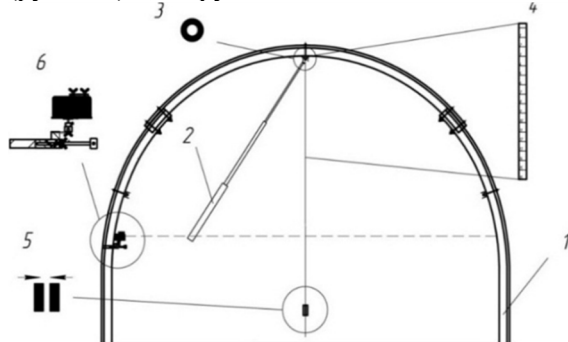


Рис. 4. Схема вимірювального пункту станції виміру та інструменти: 1 – металеве кріплення; 2 – телескопічний подовжувач для закріплення магніту в верхній точці кріплення; 3 – магніт для закріплення стрічки рулетки на кріпленні; 4 – стрічка рулетки; 5 – магніти-вантажі, закріплені на нижній точці стрічки рулетки; 6 – вимірювальний пристрій

Одним з основних переваг застосування даного пристрою є те, що вимірювання геометричних параметрів внутрішнього контуру кріплення здійснюється тільки в одній частині виробки без

переміщення через шахтне обладнання (конвеєр) в іншу. Крім того, пропонується пристрій дозволяє відмовитися від постійних висків та облаштування умовного горизонтального рівня за допомогою шнура, збільшує точність вимірювань. При наявності такого обладнання пристрій закріплюється на профілі бокової стійки на зручній висоті, що не перешкоджає проходу промислового обладнання. До того ж, пристрій має незалежну точку закріплення і за допомогою лазерного рівня, встановлює «горизонт вимірювання». Точка встановлення приладу фіксується при першому його закріпленні на стійці кріплення (краскою, насічкою тощо), а при наступних замірах пристрій закріплюється на тому ж рівні. При цьому істотно зменшується трудомісткість виконання замірів, всі операції може виконувати одна людина.

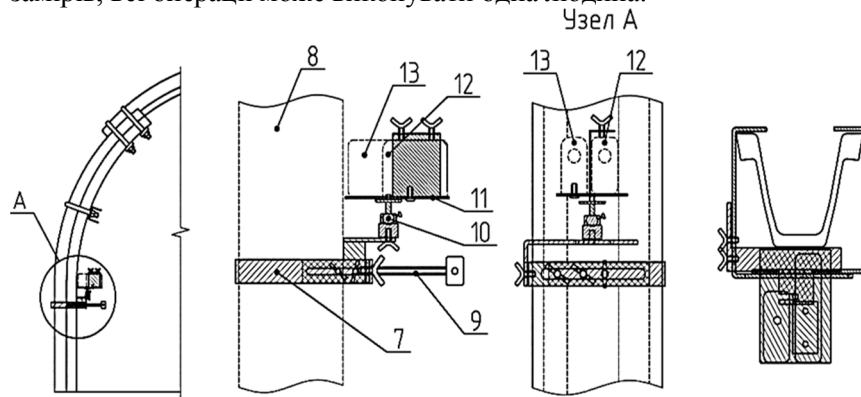


Рис. 5. Конструкція вимірювального пристрою і схема його закріплення на стійці металевого кріплення: 7 – кріплення (дві металеві скоби) з можливістю розсування і фіксації в залежності від типу СВП; 8 – стійка кріплення; 9 – затискний гвинт для фіксації пристрою на стійці кріплення; 10 – шарнір; 11 – майданчик; 12 – лазерний далекомір; 13 – лазерний рівень

Час на зняття необхідних параметрів по одній рамі кріплення становить 2...3 хвилини, що дозволяє за невеликий проміжок часу провести серію вимірів на значній ділянці виробки. Їх аналіз дозволить об'єктивно оцінити поточний стан металевого кріплення виробки, і, як наслідок, оперативно визначити ступінь її деформації.

Пристрій може бути встановлений на будь-якому типорозмірі профілю СВП. В його конструкції це передбачено за рахунок двох металевих скоб з можливістю їх розсування і фіксації на профілі СВП (див рис. 5), навіть при щільному приляганні залізобетонної затяжки.

Новизна запропонованого вимірювального пристрою підтверджена патентом на корисну модель [11]. Із застосуванням даної методики виконано комплекс досліджень, результати яких викладені в [12-14].



Рис. 6. Установка пристрою на стійці металевого кріплення

Область використання описаної методики може бути поширена й на виробки з рамно-анкерним кріпленням, або на рудні шахти, де наявність рамного кріплення суттєво обмежена, але використовуються суто анкерні системи кріплення. В цьому випадку обладнання закріплюється на нерухомих хвостових частинах анкерів. Відповідно для облаштування замірних пунктів виробок, де взагалі не використовуються кріплення (Запорізький та Криворізький залізорудні комбінати), потрібно встановлення анкерів, що при наявності обладнання для анкерування не є проблемою.

В ході шахтних досліджень, знаючи поточні значення висоти H і ширини B виробки, можна простежити за зміною її площі поперечного перерізу, яка визначається приблизно виходячи з таких міркувань.

З паспортного перерізу виробки відома її висота H_0 і ширина B_0 , а також перетин виробки у світлі $S_{св}$. За даними значеннями висоти і ширини можна визначити площу прямокутника $S_{прм} = B_0 \cdot H_0$, м², в який вписується розглянутий переріз виробки арочної форми $S_{св}$ (рис. 7).

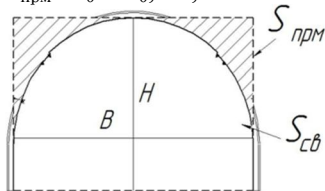


Рис. 7. Схема до визначення поправочного коефіцієнта для розрахунку перерізу виробки

Ставлення цих площ дасть поправочний коефіцієнт, який можна використовувати для визначення приблизної площі розглянутого поперечного перерізу штреку

$$k_S = S_{св} / S_{прм}. \quad (1)$$

Так, наприклад, для виробки перетином у світлі $S_{св} = 13,4 \text{ м}^2$ з висотою $H_0 = 3,63 \text{ м}$ та шириною $B_0 = 4,64 \text{ м}$ значення поправочного коефіцієнта згідно (1) дорівнює $k_S = 0,8$. У шахтних умовах на досліджуваному поперечному перерізі виробки за методикою, описаної вище, вимірюється ширина (між стійками кріплення) – B_i і висота (від підшови до верхняка кріплення) – H_i . Перетин виробки $S_{сви}$ в досліджуваній точці приблизно становитиме:

$$S_{сви} = k_S B_i H_i. \quad (2)$$

Дана методика не дозволяє визначити ступінь несиметрії при деформації металевих арок під дією косонаправлених або бічних навантажень. Найбільш точними будуть результати при рівномірному зменшенні площі поперечного перерізу виробки. Збільшення похибки при вимірах буде обумовлено виполажуванням верхняка (форма наблизатиметься до прямокутної) або одностороннім (двостороннім) виполажуванням боків кріплення (трикутна форма). Однак і в цьому випадку помилка не перевищуватиме 15 ... 20%, що цілком допустимо для дослідження таких неоднорідних систем, як кріплення виробки.

Підсумовуючи вищезазначене можна виділити три основні методики визначення зміни геометричних параметрів гірничих виробок та, на підставі досвіду проведення вимірювань, виконати порівняння параметрів, а також властиві кожній з них недоліки і переваги (табл.) [12].

Таблиця

Параметри порівняння методик вимірювання

Методика	Рівень точності	Трудомісткість	Мінімальна кількість виконавців	Швидкість вимірювань, хв	Вартість обладнання
Традиційна	Достатній	Висока	2	До 10	Низька
Маркшейдерська зйомка	Надточний	Середня	2	5...10	Висока
Вдосконалена	Високий	Низька	1	До 5	Середня

Аналізуючи дані таблиці, можна зазначити, що вдосконалена методика і маркшейдерська зйомка дозволяють отримати результати високої точності, проте для виконання натурних досліджень і наступного їх опрацювання рівень точності традиційного способу цілком задовільний. За трудомісткістю і часом виконання робіт безумовно вдосконалений спосіб є більш зручним, але, на відміну від традиційного, має більшу вартість обладнання, хоча, значно меншу, ніж для способу маркшейдерської зйомки. Враховуючи наявність переваг і недоліків кожного способу, виділити якийсь абсолютно універсальний не є можливим, а тому, напевно, методику вимірювань слід обирати відповідно до задач, які ставляться перед науковцями, умов виконання робіт та завдань подальших досліджень. Тому, наприклад, при визначенні зміщень великих масивів гірських порід відносно земної поверхні і відповідних проявів таких процесів у виробках доречним є використання маркшейдерської зйомки. При необхідності виконання вимірювань у захищених обладнаннях виробках, при необхідності забезпечення високого рівня точності натурних досліджень, а також для зниження витрат на проведення робіт більш слушною є вдосконалена методика.

Висновки та напрямки подальших досліджень. Запропонований комплекс обладнання, новий пристрій та технологія проведення вимірів у виробці дозволяє підвищити безпеку виконання робіт, збільшує точність вимірювань, істотно зменшується їх трудомісткість, дає можливість виконання вимірів однією людиною. Аналіз отриманих результатів дозволить об'єктивно оцінити поточний стан металевих кріплень виробки, оперативно визначити причини та ступінь її деформації, обґрунтувати раціональні способи підвищення стійкості виробок, закріплених металевим або рамно-анкерним кріпленням. Запропонована спрощена методика визначення площі поперечного перерізу виробки для дослідження закономірностей зміни її величини у часі або за довжиною виробки під впливом зовнішніх навантажень.

Список літератури

1. Методические указания по исследованию горного давления на угольных и сланцевых шахтах // ВНИМИ. – Л., 1973. – 102 с.
2. Шашенко А.Н., Солодянкин А.В., Наумович А.В. Исследование закономерностей изменения смещений и деформаций пород по глубине зоны неупругих деформаций // Вісник Криворізького технічного університету. – Кривий Ріг, КТУ, 2009. – Вып. 23. – С. 47-50.

3. **Солодянкин А.В., Марговицкий А.В., Панченко В.В.** Оценка геомеханических условий поддержания протяженных выработок шахт ОАО «Павлоградуголь» // Разработка рудных месторождений. – Кривой Рог, 2011. – Вып. 94. – С. 109-113.
4. Обоснование параметров крепления участковых выработок в условиях ГП «Шахтоуправление «Южнодонецкое №1» / **Е.А. Сдвижкова, А.В. Солодянкин, Д.В. Бабец, С.В. Машурка, О.А. Кузьева** // Вісник Криворізького національного університету. – 2015. – Вип. 39. – С. 19-23.
5. **Tereschuk R., Hryhoriev O., Tikhonenko V.** Parameters of single anchor effect area in homogeneous border rock mass // Вісник Криворізького національного університету. – Кривий Ріг, КТУ, 2016. – Вып. 41. – С. 22-25.
6. **Солодянкин А.В., Дудка И.В.** Исследование влияния очистных работ на устойчивость участковых выработок в условиях шахты «Партизанская» ГП «Антрацит» // Вісник Криворізького національного університету. – 2016. – Вип. 41. – С. 102-107.
7. **Сергеев С.В., Севрюков В.В.** Методика и результаты наблюдений за деформациями крепи горных выработок в богатых железных рудах КМА // Известия ТулГУ. Науки о Земле. Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. – 2013. – Вып. № 1. – С. 170-176.
8. Устройство для съёмки сечений камерных выработок / **Требуш Ю.П.** // Патент на изобретение № 2469268, Российская федерация / МПК 51 НИ СИ. Заявл. 22.07.11; Опубл. 10.12.12; Бюл. № 34. – 10 с.
9. Connector for laser level meter. Patent China. N СК 202041207 N, 16.11.2011. – 9 р.
10. Исследование деформирования сечений выработок, поддерживаемых на отработанных участках / **Ю.М. Халимендик, В.А. Назаренко, А.В. Бруй, Ю.А. Заболотная** // Проблеми гірського тиску. – Донецьк: Донецький Національний технічний університет, 2010. – №18. – С. 104-115.
11. Пристрій для виміру геометричних параметрів внутрішнього контуру виробки, закріпленої металевим аромним кріпленням / **Солодянкин О.В., Дудка І.В., Прокудін О.З.** // Патент на корисну модель № 42242, Україна / МПК E 21 D 20/00. Заявл. 15.12.15; Опубл. 15.05.16; Бюл. № 5. – 4 с.
12. **Дудка И.В.** Обоснование параметров способа крепления и охраны конвейерных штреков для повторного их использования в условиях антрацитовых шахт. – Дис. ... к-та техн. наук: 05.15.04, Дніпро: НГУ. – 2016. – 269 с.
13. Охрана підготовчих виробок, що використовують повторно, в умовах антрацитових шахт : монографія / **О.В. Солодянкин, І.В. Дудка, Р.М. Терещук, О.Є. Григор'єв.** – Дніпро : НГУ, 2017. – 161 с.
14. Обоснование рациональных параметров способа охраны выработки на сопряжении с лавой на шахте «Южнодонецкая №1» / **А.В. Солодянкин, С.В. Машурка, И.В. Дудка, А.Е. Григорьев** // Форум гірників-2018: Матеріали міжнар. конф. – Дніпро: НТУ «Дніпровська політехніка». – 2018. – С. 115-124.
15. **Григор'єв О.Є., Терещук О.В., Дудка І.В.** Порівняльний аналіз методик виконання вимірювань геометричних параметрів гірничих виробок // Перспективы развития строительных технологий: материалы 12-й междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, аспирантов и студентов. – Дніпро: НТУ «Дніпровська політехніка», 2018. – С. 29-33.

Рукопис подано до редакції 12.04.18

УДК 621.311.086.5:621.3.001

О. М. СІНЧУК, д-р техн. наук., проф., Ю. Б. ФІЛІПП, канд. техн. наук, доц.,
Криворізький національний університет,
Ю. М. КУТОВИЙ, канд. техн. наук, проф.,
НТУ «Харківський політехнічний інститут»

ТЕНДЕНЦІ РОЗВИТКУ І УДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ СКІПОВИХ ПІДЙОМНИХ УСТАНОВОК ШАХТ

Мета. Метою даної роботи є аналіз напрямків розвитку електроприводів скіпових підйомних установок і дослідження режимів їх енергоспоживання в умовах залізрудних шахт Кривбасу. Для досягнення зазначеної мети в роботі виконано аналіз тенденцій виготовлення механічного і електричного обладнання підйомних установок відомими виробниками у світі, розглянуто стан електроприводів змінного і постійного струму скіпових підйомних установок шахт, проведено дослідження режимів енергоспоживання електроприводів та визначені питомі витрати електроенергії і питома вартість електроенергії при роботі скіпових підйомних установок ПАТ «Кривбасзалізрудком».

Методи досліджень. Основна увага приділена статистичним даним споживання електроенергії шахт з використанням автоматизованих систем комерційного і технічного обліку електроенергії шахт, дослідженню питомих витрат електроенергії та її вартості, а також аналізу технічних характеристик силового електрообладнання шахтних підстанцій та підйомних установок.

Наукова новизна. Енергоспоживання силового електрообладнання підйомних установок шахт розглянуто в комплексі з видобутком залізної руди та різними видами систем електроприводів підйомних установок, які експлуатуються в Кривбасі, що дозволяє аналізувати вплив різних факторів на енергетичні та економічні показники підйомних установок при видобутку руди.

Практичне значення. Використання результатів роботи дає можливість в умовах різних шахт ґрунтовно визначити шляхи модернізації механічного і електричного обладнання підйомних установок та розробити вимоги до режимів роботи з метою мінімізації витрат на електроенергію.